



# Analisis Kenyamanan dan Kestabilan Kendaraan Roda Dua Dalam Tinjauan Satu Derajat Kebebasan

Pipit Wahyu Nugroho<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

\*pipit.wahyu@polinema.ac.id

## INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 20/06/2018  
Naskah Direvisi 27/06/2018  
Naskah Disetujui 29/06/2018  
Naskah Online 29/06/2018

## ABSTRAK

*The two most important parameters in driving are comfort and stability. To get the best value from that parameter, then the role of the vehicle suspension system is very important to reduce the vibration due to road waves and keep the wheels sticking above the road. This study studied the effect of suspension type on comfort level and vehicle stability. The type of suspension is related to the value of spring stiffness and its damping value. While the vehicle is modeled in one degree of freedom. The test is carried out with vehicle loading including mass of vehicle and passenger for each type of suspension, ie soft, medium and hard. Vibration analysis is done using Matlab Simulink to get the acceleration response and its deflection response. The vibration response graph shows the comparison of comfort level and vehicle stability on the road profiles modeled in step, impulse, and sinusoidal functions. From the simulation results obtained that Soft and Medium Suspension can handle the vibration very well especially from the level of response speed for a relatively flat road. Meanwhile, Suspension type Hard very good damp vibration for high wavy road.*

**Keywords:** sistem suspensi, percepatan, defleksi, kenyamanan dan stabilitas

## 1. PENDAHULUAN

Sistem Suspensi terletak di antara bodi kendaraan dan roda-roda, yang dirancang untuk meredam getaran akibat gelombang permukaan jalan sehingga diperoleh kenyamanan dan kestabilan berkendara.

Komponen utama sistem suspensi adalah pegas dan damper (*shock absorber*), sedangkan komponen tambahannya berupa *ball joint*, *steering link*, *suspension arm*, dan *frame*.

Perancangan sistem suspensi kendaraan sangat menentukan tingkat kenyamanan yang dirasakan penumpang dan juga memberikan efek kestabilan kendaraan. Efek lebih jauh berdampak pada kesehatan dan keselamatan penumpang [1].

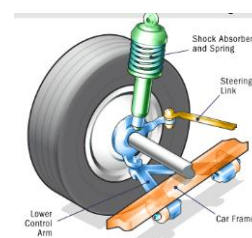
Para pengguna kendaraan selama ini tidak begitu peduli apa efek dari pemakaian beberapa jenis suspensi kendaraan baik yang *soft*, *medium* maupun yang *hard*, terkait apakah terlalu ringan atau terlalu berat getaran yang ditimbulkannya. Biasanya penggunaan kendaraan hanya menyatakan yang penting enak dirasakan, sehingga sangat dibutuhkan informasi tingkat getaran dari setiap suspensi yang dipasang pada suatu kendaraan.

Penelitian ini bermaksud untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, khususnya sepeda motor akibat pemakaian beberapa jenis sistem suspensi yang dipakai dan selanjutnya akan dianalisis sejauh mana pengaruhnya

terhadap tingkat kenyamanan pengendara dan kestabilan kendaraan. Hal ini sebagai langkah awal untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang analisis sistem suspensi sehingga bisa dirancang sebuah suspensi yang bisa menghasilkan tingkat kenyamanan dan kestabilan yang lebih baik di masa yang akan datang.

### 1.1 Sistem suspensi

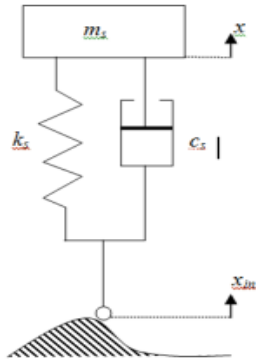
Salah satu bagian kendaraan yang paling mempengaruhi tingkat kenyamanan penumpang dan kestabilan kendaraan adalah sistem suspensi. Sistem suspensi mempunyai dua komponen pokok, yaitu pegas dan damper. Sistem pegas berfungsi mengembalikan gerakan kendaraan ke posisi setimbang, sedangkan damper berfungsi meredam getaran agar tidak memiliki amplitudo yang besar [2].



Gambar 1. Sistem suspensi kendaraan

Pegas, umumnya terbuat dari baja dan dikelompokkan ada yang berbentuk *coil*, *leaf*, dan *bar*. Pegas ini mengubah kejutan akibat profil jalan menjadi gerakan siklus berulang atau osilasi. Sedangkan pada damper, di dalamnya ada suatu fluida dengan kekentalan tertentu yang menyebabkan gerakan osilasi dari pegas lama-kelamaan akan diam.

Getaran yang terjadi pada sistem suspensi merupakan suatu model matematika satu derajat kebebasan yang diturunkan dari hukum Newton ke II, [3].



Gambar 2. Model kendaraan satu roda satu derajat kebebasan

$$m_s \ddot{x} + c_s (\dot{x} - \dot{x}_{in}) + k_s (x - x_{in}) = 0 \quad (1)$$

Dimana:

- $m_s$  = massa kendaraan dan penumpang [Kg],
- $c_s$  = konstanta peredam/damper [Kg/s],
- $k_s$  = konstanta kekakuan pegas [Kg/s<sup>2</sup>],
- $x$  = perpindahan dari  $m_s$  [m]
- $x_{in}$  = profil permukaan jalan [m]

Dengan asumsi kondisi awal sama dengan nol, maka Transformasi *Laplace* dari persamaan (1) menghasilkan [4]:

$$(m_s s^2 + c_s s + k_s) \cdot x(s) = (c_s s + k_s) \cdot x_{in}(s) \quad (2)$$

Nilai dari percepatan getaran akhirnya bisa diperoleh dengan persamaan:

$$\frac{x(s)}{x_{in}(s)} = \frac{c_s s + k_s}{m_s s^2 + c_s s + k_s} \quad (3)$$

## 1.2 Kenyamanan pengendara dan kestabilan kendaraan

Istilah kenyamanan dalam berkendara bagi penumpang adalah adanya rasa nyaman dan relatif tenang di dalam kendaraan walaupun kondisi jalan bergelombang. Guncangan akibat bentuk permukaan jalan yang penuh lubang atau tidak rata seharusnya mampu diredam oleh sistem suspensi kendaraan sehingga penumpang seperti diisolasi dari gaya eksitasi luar.

Tingkat kenyamanan yang dirasakan penumpang secara matematis bisa diukur dari nilai variabel  $\ddot{x}$  (percepatan gerak kendaraan) pada persamaan (3). Semakin rendah nilai  $\ddot{x}$  yang dihasilkan maka semakin baik tingkat kenyamanan [5].

Guncangan akibat profil jalan yang tidak rata juga mengakibatkan kendaraan sulit dikendalikan sehingga dalam kondisi terburuk, kendaraan bisa terguling. Sistem suspensi juga berfungsi menjaga agar permukaan roda tetap

menempel pada jalan sehingga gerak kendaraan bisa dikendalikan menjadi lebih stabil. Secara matematis tingkat kestabilan kendaraan bisa diukur dari jarak antara bodi kendaraan dan permukaan jalan. Jika perbedaan jarak bisa dikendalikan nilainya semakin kecil berarti kendaraan semakin stabil [5].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Pemodelan Respon Getaran Suspensi

Kendaraan diasumsikan sebagai kendaraan satu roda dan mempunyai satu derajat kebebasan sehingga bisa disusun persamaan geraknya secara matematis sebagaimana pada persamaan (1).

Dari persamaan di atas akan diperoleh respon getaran ( $\ddot{x}$ ) dan jarak antara bodi kendaraan ( $x$ ) dengan permukaan jalan. Keduanya adalah faktor penentu tingkat kenyamanan dan kestabilan kendaraan.

Tahap selanjutnya berupa pengumpulan data uji tekan suspensi sepeda motor pada mesin uji tekan *MTS* (*Materials Testing System*) ditabelkan seperti berikut ini.



Gambar 3. Pengujian suspensi di MTS

### 2.2 Data Hasil Percobaan

Tabel 1. Percobaan suspensi jenis *soft*

Beban (N)	Simpangan (mm)
0	0
200	5
400	10
450	17
450	20
500	25
550	30

Dengan menggunakan rumus gerak kendaraan, maka dari data-data pada tabel di atas diperoleh nilai konstanta *spring* suspensi ( $k_s$ ) = 1.25 N/mm dan nilai konstanta peredam ( $c_s$ ) = 0.23 Ns/mm.

Tabel 2. Percobaan suspensi jenis *medium*

Beban (N)	Simpangan (mm)
0	0
250	5
425	10
475	15
550	20
650	25
775	30

Dengan menggunakan rumus gerak kendaraan, maka dari data-data pada tabel di atas diperoleh nilai konstanta *spring* suspensi ( $k_s$ ) = 1.85 N/mm dan nilai konstanta peredam ( $c_s$ ) = 0.18 Ns/mm.

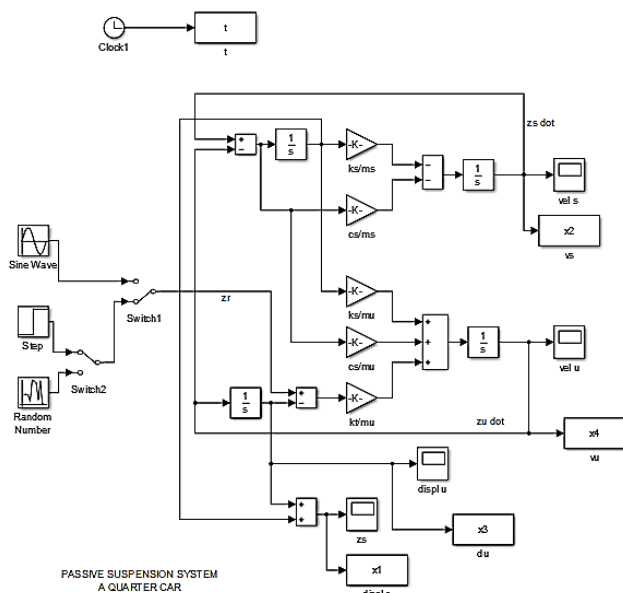
**Tabel 3.** Percobaan suspensi jenis *hard*

Beban (N)	Simpangan (mm)
0	0
275	5
450	10
550	17
600	20
725	25
850	30

Dengan menggunakan rumus gerak kendaraan, maka dari data-data pada tabel di atas diperoleh nilai konstanta *spring* suspensi ( $k_s$ ) = 2.35 N/mm dan nilai konstanta peredam ( $c_s$ ) = 0.10 Ns/mm.

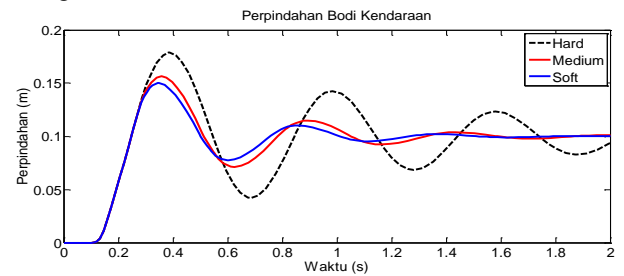
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil percobaan dan pengolahannya yaitu berupa konstanta *spring* ( $k_s$ ) dan konstanta peredaman ( $c_s$ ) disimulasikan ke dalam program *Simulink Matlab* untuk mendapatkan respon getaran kendaraan dengan tiga jenis profil jalan: *step*, *sinus*, dan *impuls*. Diagram *Simulink* tersebut adalah sebagai berikut.



**Gambar 4.** Diagram blok *simulink*

Grafik-grafik respon getarannya sebagaimana pada gambar-gambar berikut ini.



**Gambar 5.** Grafik respon perpindahan bodi kendaraan dengan fungsi *step*

**Tabel 4.** Getaran perpindahan suspensi jenis *hard* untuk fungsi *step*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 0.7 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.18 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	0 m
4	Steady State	SS	3.8 s

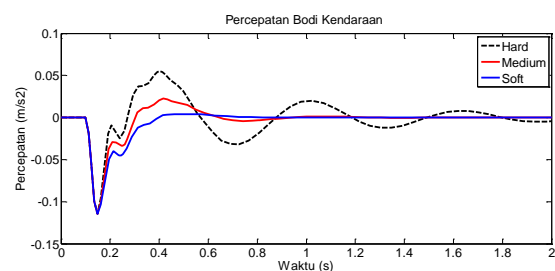
**Tabel 5.** Getaran perpindahan suspensi jenis *medium* untuk fungsi *step*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 0.6 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.155 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	0 m
4	Steady State	SS	1.6 s

**Tabel 6.** Getaran perpindahan suspensi jenis *soft* untuk fungsi *step*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 0.55 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.15 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	0 m
4	Steady State	SS	1.6 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5. Grafik respon perpindahan bodi kendaraan dengan fungsi *step* menjelaskan bahwa getaran perpindahan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi *soft* didapat respon yang relatif paling bagus, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi *steady state* tidak terlalu lama yaitu 1.5 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut 1.8 dan 2.6 detik. *Rise time* atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi *soft* antara 0.08 detik hingga 0.15 detik, untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut 0.06 - 0.16 detik dan 0.04 - 0.18 detik.



**Gambar 6.** Grafik respon percepatan bodi kendaraan dengan profil jalan fungsi *step*

**Tabel 7.** Getaran percepatan suspensi jenis *hard* untuk fungsi *step*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.15 – 0.25 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.05 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-0.12 m
4	Steady State	SS	2.6 s

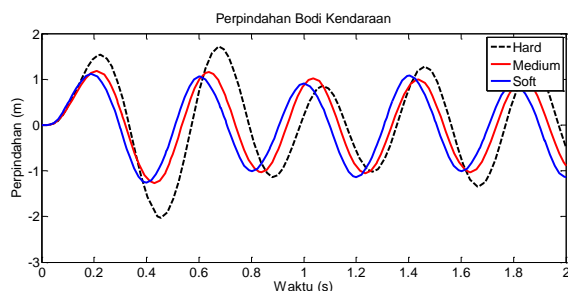
**Tabel 8.** Data getaran percepatan suspensi jenis *medium* untuk fungsi *step*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.15 – 0.25 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.005 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-0.12 m
4	Steady State	SS	0.9 s

**Tabel 9.** Getaran percepatan suspensi jenis *soft* untuk fungsi *step*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.15 – 0.25 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.15 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-0.12 m
4	Steady State	SS	0.5 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6. Grafik respon percepatan bodi kendaraan dengan fungsi *step* menjelaskan bahwa getaran percepatan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi *soft* didapat respon yang relatif paling bagus, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi *steady state* tidak terlalu lama yaitu 0.6 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut 0.9 dan 2.2 detik. *Rise time* atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi *soft* antara -0.18 detik hingga 0.01 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut -0.18 - 0.03 detik dan -0.18 - 0.06 detik.



**Gambar 7.** Grafik respon perpindahan bodi kendaraan dengan fungsi *sinus*

**Tabel 10.** Getaran perpindahan suspensi jenis *hard* untuk fungsi *sinus*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.2 – 0.7 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	1.6 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-2.0 m
4	Steady State	SS	0.8 s

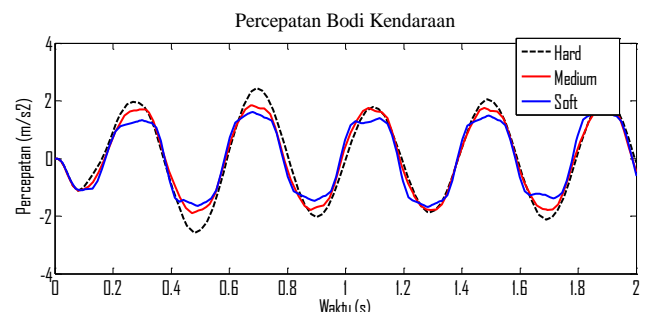
**Tabel 11.** Data getaran perpindahan suspensi jenis *medium* untuk fungsi *sinus*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.2 – 0.6 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	1.6 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-1.2 m
4	Steady State	SS	0.7 s

**Tabel 12.** Data getaran perpindahan suspensi jenis *soft* untuk fungsi *sinus*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.2 – 0.6 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	1.6 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-1.2 m
4	Steady State	SS	0.6 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 7. Grafik respon perpindahan bodi kendaraan dengan profil jalan fungsi *sinus* menjelaskan bahwa getaran perpindahan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi *soft* didapat respon yang relatif paling bagus, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi *steady state* tidak terlalu lama yaitu 0.5 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut 0.55 dan 0.6 detik. *Rise time* atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi *soft* antara -1.2 detik hingga 1.1 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut -1.2 - 1.1 detik dan -2.0 - 1.8 detik.



**Gambar 8.** Grafik respon percepatan bodi kendaraan dengan fungsi *sinus*

**Tabel 13.** Data getaran percepatan suspensi jenis *hard* untuk fungsi *sinus*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 0.5 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	2.0 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-2.4 m
4	Steady State	SS	0.6 s

**Tabel 14.** Data getaran percepatan suspensi jenis *medium* untuk fungsi *sin*

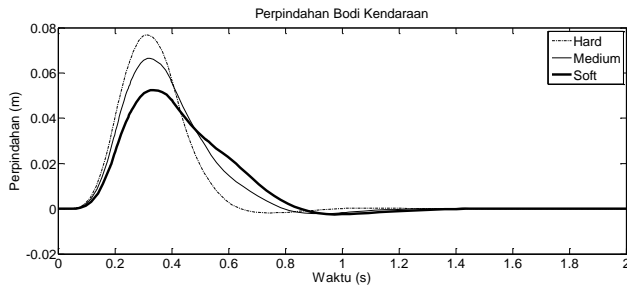
No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 0.5 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	1.9 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-2.0 m
4	Steady State	SS	0.6 s

**Tabel 15.** Data getaran percepatan suspensi jenis *soft* untuk fungsi *sinus*

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 0.5 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	1.2 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-1.8 m
4	Steady State	SS	0.6 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8. Grafik respon percepatan bodi kendaraan dengan profil jalan fungsi *sinus* menjelaskan bahwa getaran percepatan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi *soft*, *medium* maupun *hard* hampir sama, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan

untuk mencapai situasi *steady state* tidak terlalu lama yaitu 0.4 detik. *Rise time* atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi *soft* antara -1.8 detik hingga 1.2 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut -2.1 - 1.9 detik dan -2.4 - 2.2 detik.



**Gambar 9.** Grafik respon perpindahan bodi kendaraan dengan fungsi impuls

**Tabel 16.** Getaran perpindahan suspensi jenis *hard* untuk fungsi impuls

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 1.2 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.08 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	0 m
4	Steady State	SS	1.2 s

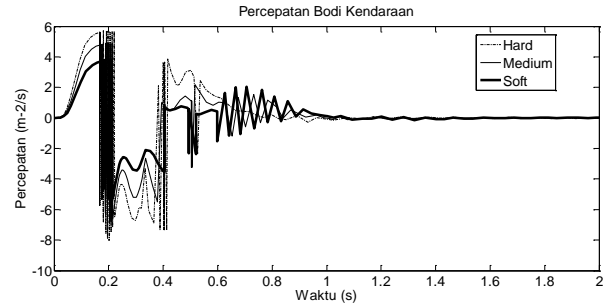
**Tabel 17.** Getaran perpindahan suspensi jenis *medium* untuk fungsi impuls

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 1.2 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.068 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	0 m
4	Steady State	SS	1.2 s

**Tabel 18.** Data getaran perpindahan suspensi jenis *soft* untuk fungsi impuls

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.1 – 1.2 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	0.052 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	0 m
4	Steady State	SS	1.2 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9. Grafik respon perpindahan bodi kendaraan dengan profil jalan fungsi impuls menjelaskan bahwa getaran perpindahan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi *hard* didapat respon yang relatif paling bagus, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi *steady state* tidak terlalu lama yaitu 0.7 detik, sedangkan untuk suspensi *soft* dan *medium* sama dalam waktu 0.9 detik. *Rise time* atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi *soft* hingga 0.05 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut 0.065 detik dan 0.08 detik.



**Gambar 10.** Grafik respon percepatan bodi kendaraan dengan profil jalan fungsi impuls

**Tabel 19.** Getaran percepatan suspensi jenis *hard* untuk fungsi impuls

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.05 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	5.8 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-6.8 m
4	Steady State	SS	1.0 s

**Tabel 20.** Getaran percepatan suspensi jenis *medium* untuk fungsi impuls

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.05 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	4.8 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-4.8 m
4	Steady State	SS	1.0 s

**Tabel 21.** Getaran percepatan suspensi jenis *soft* untuk fungsi impuls

No.	Karakteristik	Simbol	Values
1	Rise Time	$t_r$	0.05 – 0.4 s
2	Maximum Amplitude	$M_P$	3.8 m
3	Peak Amplitude	$A_P$	-3.0 m
4	Steady State	SS	1.0 s

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 10. Grafik respon percepatan bodi kendaraan dengan profil jalan fungsi impuls menjelaskan bahwa getaran percepatan bodi kendaraan yang dihasilkan suspensi *hard* didapat respon yang relatif paling bagus, hal ini disebabkan karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai situasi *steady state* tidak terlalu lama yaitu 1.1 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut 1.15 dan 1.2 detik. *Rise time* atau jarak gelombang getaran yang dihasilkan suspensi *soft* antara -6.0 detik hingga 2.5 detik, sedangkan untuk suspensi *medium* dan *hard* berturut-turut -6.0 - 4.2 detik dan -7.0 - 5.8 detik.

### 3.1 Analisis Respon Getaran

Dalam analisis performansi sistem suspensi ada tiga macam aspek, yaitu:

- Isolasi Getaran

Aspek ini dapat dianalisa dengan meninjau respon massa *sprung* (*output*) terhadap eksitasi permukaan jalan (*input*), parameter ini dapat berupa kecepatan atau percepatan.

- *Suspension Travel*

Defleksi pegas suspensi atau *displacement relative* antara massa *sprung* dan massa *unsprung* ini didefinisikan sebagai *space* yang diijinkan untuk mengakomodasi gerakan suspensi antara benjolan dan pantulan, yang lebih dikenal dengan sebutan *rattle space*.

- *Road Holding*

Kemampuan ban untuk selalu menempel pada permukaan jalan disebut *road holding* yang didefinisikan sebagai defleksi ban atau *displacement* relatif antara defleksi massa *unsprung* terhadap permukaan jalan.

Dari hasil simulasi getaran kendaraan berupa grafik respon perpindahan dan percepatan dapat dianalisis bahwa suspensi jenis *Soft* dan *Medium* bisa meredam getaran akibat gelombang jalan yang tidak terlalu tajam dengan kecepatan respon yang sangat baik, atau jenis suspensi ini cocok untuk permukaan jalan yang relatif rata. Sedangkan suspensi jenis *Hard* bisa meredam dengan baik getaran akibat gelombang jalan yang tajam dengan kecepatan respon yang juga sangat baik. Suspensi jenis ini sesuai untuk jalanan yang punya tingkat gelombang yang besar.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini maka bisa disimpulkan bahwa:

- a. Pengaruh jenis sistem suspensi kendaraan roda dua terhadap getaran pada kendaraan sangat signifikan sesuai dengan tingkat gelombang jalan yang dilaluinya
- b. Jenis sistem suspensi menentukan terhadap tingkat kenyamanan pengendara dan kestabilan kendaraan roda dua.
- c. Suspensi jenis *Soft* dan *Medium* bisa meredam getaran akibat gelombang jalan yang tidak terlalu tajam dengan kecepatan respon yang sangat baik, atau jenis suspensi ini cocok untuk permukaan jalan yang relatif rata. Sedangkan suspensi jenis *Hard* bisa meredam dengan baik getaran akibat gelombang jalan yang tajam dengan kecepatan respon yang juga sangat baik. Suspensi jenis ini sesuai untuk jalanan yang punya tingkat gelombang yang besar.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harrington, Gill, F.S. 2005. [1]. Buku Saku Kesehatan Kerja. Edisi 3. Jakarta. Penerbit EGC Cetakan I
- [2] Dixon, J., 2009. [2]. Suspension Geometri and Computation. United Kingdom. John Wiley and Sons. 2nd Editon
- [3] Dixon, 2007. [3]. The Shock Absorber Handbook. United Kingdom. John Wiley and Sons
- [4] Nugroho, P.W., Lee, W., Alici, G., Du, H. 2014. [4]. An Adaptive Neuro Fuzzy Hybrid Control Strategy for a Semi Active Suspension with Magneto Rheological Damper. Advances in Mechanical Engineering. Vol. 2014. 11 halaman. Hindawi Publishing Corporation
- [5] Eslaminasab, N., 2008. [5]. Development of a Semi-active Intelligent Suspension System for Heavy Vehicles. Thesis. Canada. University of Waterloo
- [6] ISO 2631 1,2., 1997. Mechanical Vibration and Shock Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration. Geneva. International Organisation for Standardization
- [7] Mabbot, N., Foster, G., & McPhee, B., 2001. Heavy Vehicle Seat Vibration and driver Fatigue. ARB Transport Research Ltd. 5000 Burwood Highway. Vermont South